№ 11. Warszawa, 25 listopada 1932 r. Rok X.

TECHNIKA CIEPLNA

CZASOPISMO STOWARZYSZENIA DOZORU KOTŁÓW W WARSZAWIE

OFICJALNY ORGAN POLSKIEGO KOMITETU NORMALIZACYJNEGO DLA SPRAW KOTŁOWYCH

REDAKTOR: Inż. techn. JAN KOMARNICKI

Wydawca: Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.

REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, PIĘKNA 32, m. 12. TEL. 8-81-47.

GODZINY BIUROWE: REDAKCJI—PIĄTKI, OD 18 DO 20, ADMINISTRACJI—CODZIENNIE, OD 10 DO 15.

Inż. R. W. MÜLLER.

PROMIENIOWANIE RUSZTU W KOTLE WODNORURKOWYM

Budowa kotłów parowych niedomagała ze względu na to że istnieją pewne zjawiska fizyczne, które nie poddają się ścisłemu obliczeniu. Nieraz zachodziła potrzeba opierania się jedynie na doświadczeniu i na wynikach praktycznych budowy. Np. trudno nawet w przybliżeniu określić względną szybkość podnoszących się w opłomkach pęcherzyków pary w stosunku do wody; tak samo, przenikanie ciepła gazów paleniska na powierzchnię opłomek jest wielkością, która zależy od wielu trudno dających się ustalić czynników. Tymczasem właśnie przenikanie ciepła na opłomki a tem samem do wody jest wielkością, mającą decydujący wpływ na konstrukcję kotła. Tak samo często trudna bywa do rozwiązania kwestja wyboru materjału, ponieważ zwykle wchodzą tu w grę względy natury mechanicznej, chemicznej i inne.

Wobec tych wszystkich faktów w większości firm budujących kotły doszło w końcu do tego, że budowę kotłów skierowano ostatecznie na teren doświadczalny i zaniechano wogóle wyliczeń. Przy ciągle wzrastających rozmiarach kotłów i zwiększającem się ciśnieniu pary nasuwa się jednak potrzeba naukowego traktowania tych wszystkich spraw. Oddawna kwestja promieniowania ciepła była dla konstruktora jedną z najbardziej palących. Wiadomo, że zależy ono od kształtu paleniska, od jakości powierzchni, od powierzchni ogrzewalnej, gatunku węgla, obciążenia rusztu i td. Możliwie dokładna znajomość promieniowania ciepła i natężenia cieplnego rozmaitych powierzchni jest z wielu względów bardzo pożądana. Znajomość tego zjawiska umożliwia przedewszystkiem dokładniejsze określenie temperatury gazów spalinowych przed przegrzewaczem a tem samem dostatecznie z praktycznego punktu widzenia dokładne obliczenie powierzchni ogrzewalnej przegrzewacza. Poza tem powstaje możliwość osiągnięcia przez właściwe rozmieszczenie opromieniowanych chłodzących powierzchni lepszego wyzyskania obciążenia cieplnego i unikania zbyt wysokiego miejscowego natężenia cieplnego. Tem samem znacznie się obniży niebezpieczeństwo poważnych uszkodzeń, np. wydęcia (lub pękania) rur. Dalej uzyskuje się dokładniejszy obraz przeciętnej temperatury nieosłoniętych części obmurza, co umożliwia wnioski o temperaturze znajdujących się bezpośrednio nad rusztem, nieochładzanych ścian co jest ważne w związku z zapobieganiem uszkodzeniom przez powstającą przy nadmiernych temperaturach szlakę.

Okoliczności powyższe skłoniły Zakłady Sulzera do naukowego zbadania promieniowania ciepła. Nie błyy to pierwsze próby w tej dziedzinie, raczej właśnie Kammerer już w roku 1916 ogłosił metodę opartą na tak zwanych panoramicznych obrazach „Webera“[1]). W r. 1922 powtórzył Fryderyk Münzinger obliczenie w swojej książce „*Leistungssteigerung der Grossdampfkessel*“, który zamiast prostokątnych panoramicznych obrazów Webera z podstawą π i wysokością 1, wykres wykonał w kole. W międzyczasie została ogłoszona odpowiadająca warunkom rzeczywistości analityczna metoda Seiberta[2]). Pozwala ona obliczać natężenia cieplne poszczególnych opłomek. Metoda ta jest niestety zbyt skomplikowana, aby znaleźć zastosowanie w biurach budowy kotłów.

Opracowane przez Sulzera metody obliczeń zawiera artykuł poniższy.

[1]) Zft. d. Bayer. Revisionsvereins„ 1916 str. 158.

[2]) Archiv f. Wärmewirtschaft, 1928, str. 180.

A) Promieniowanie cieplne rusztu.

Przedstawiona tu metoda nie jest bezwzględnie nową. Została ona ogłoszona przez dr. Eichelberga [1]). Chodziło tu o zastosowanie jej do obliczenia kotłów wodnorurkowych i także o jej uproszczenie, które odpowiadałoby potrzebie praktycznego jej zastosowania. Próbowano metodę obliczeń, tak jak ją podawał Kammerer rozciągnąć również i na ten przypadek, kiedy chłodzące powierzchnie nie znajdowałyby się w tej samej płaszczyźnie co boczne elementy chłodzące. Następnie zmieniono panoramiczne wykresy w ten sposób, że przy pomocy wykreślnej geometrji dają się one obecnie szybciej opracowywać. Za podstawę do poniższych obliczeń przyjęto, że węgiel spala się krótkim płomieniem, bez dymu, tak że paląca się warstwa węgla powinna być rozpatrywana jako promieniująca ze wszystkich stron płaszczyzna o określonej temperaturze.

Zasada energji podaje:

$$Q_l + H_u \,.\, G = Q_s + Q_g \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

Q_l = ciepło doprowadzane przez powietrze w $kcal/h$ H_u = dolna wartość opałowa węgla w $k\,cal/kg$, G = ilość węgla na godzinę w kg, Q_s = ciepła wypromieniowane w ciągu godziny $kcal/h$, Q_g = ciepło zawarte w spalinach w $kcal/h$.

Jeżeli się teraz uda Q_s wyprowadzić ja ko funkcję temperatury powierzchni palącej się masy węglowej, to zadanie będzie rozwiązane i poszukiwana temperatura promieniującej powierzchni przedstawia się jako przekrój poziomej $Q_s + H_u \,.\, G$ z krzywą $Q_s + Q_g = f(T_R)$. Główne zadanie polega więc na tem, aby Q_s przedstawić jako funkcję temperatury rusz-tu T_R.

Wegług prawa Stefana Boltzmanna wypromieniowana ilość ciepła jest proporcjonalna do czwartej potęgi bezwzględnej temperatury. Wobec tego ciepło wypromieniowane pomiędzy dwiema powierzchniami F_1 i F_2 o bezwzględnej temperaturzye T_1 i T_2.

$$Q_{SD} = C_{12} \cdot F_1 \cdot \varphi_{12} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = -$$

$$= - C_{21} \cdot F_2 \cdot \varphi_{21} \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] \quad . \quad . \quad 2)$$

Q_{SD} = ciepło bezpośrednio wypromieniowane, C_{12}, C_{21} = spółczynniki promieniowania (wynoszące mniej więcej 4 dla powierzchni, jakie napotykamy w kotlę) φ_{12}, φ_{21} = spółczynniki, które uwzględniają wzajemne położenie powierzchni F_1, F_2 i odwrotnie.

[1]) Dr. Eichelberg został w następstwie zaproszony na katedrę Wyższej Szkoły Technicznej w Zurychu po prof. Dr. Stodoli.

Określenie spółczynników następuje zapomocą panoramicznych wykresów. Ponieważ symbole C są po obu stronach równania równowartościowe, z wzoru (2) wynika stosunek pomiędzy φ_{12} a φ_{21} jako

$$F_1 \cdot \varphi_{12} = F_2 \cdot \varphi_{21} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3)$$

W wypadku promieniowania w kotle całkowita emisja cieplna rusztu może być podzielona na ciepło wypromieniowane bezpośrednio na powierzchnie chłodzące

$$Q_{SD} = C \cdot F_R \cdot \varphi_{RH} \cdot \left[\left(\frac{T_R}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_H}{100} \right)^4 \right] . \quad (4)$$

i na ciepło wypromieniowane pośrednio poprzez obmurze.

$$Q_{SJ} = C \cdot F_W \cdot \varphi_{WH} \left[\left(\frac{T_W}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_H}{100} \right)^4 \right] \quad . \quad (5)$$

Q_{SD} = ciepło wypromieniowane bezpośrednio $kcal/h$, Q_{SJ} = ciepło wypromieniowane pośrednio $k\,cal/h$, T_R = powierzchnia rusztu w m^2, F_W = powierzchnia nieosłoniętego obmurza, φ_{RH} = spółczynnik, zależny od układu rusztu w obmurzu do powierzchni ogrzewalnej, φ_{WH} = spółczynnik zależny od układu wzajemnego nieosłoniętego obmurza do powierzchni ogrzewalnej, T_R = bezwzględna temperatura palącej się powierzchni węgla T_H = bezwzględna temperatura powierzchni ogrzewalnej, T_W = bezwzględna temperatura nieosłoniętego obmurza.

Należy tu zauważyć, że gazy oddają obmurzu ciepło zarówno przez konwekcję jak i przez promieniowanie, z drugiej strony ciepło oddawane jest i na zewnątrz. Te dwa zjawiska równoważą się w pewnym stopniu i mogą być pominięte, ponieważ chodzi o ustalenie wartości porównawczych przy pomocy możliwie prostego obliczenia.

$$Q_{SJ} = C \cdot F_R \cdot \varphi_{RW} \left[\left(\frac{T_R}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_W}{100} \right)^4 \right] =$$

$$= C \cdot F_W \cdot \varphi_{WH} \left[\left(\frac{T_W}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_H}{100} \right)^4 \right] \quad . \quad . \quad (6)$$

φ_{RW} = spółczynnik, zależny od układu rusztu w stosunku do nieosłoniętego obmurza.

Ztąd temperatura ścian:

$$T_W = 100 \sqrt[4]{\frac{\left(\frac{T_R}{100} \right)^4 \cdot F_R \cdot \varphi_{RW} + \left(\frac{T_H}{100} \right)^4 . F_W \cdot \varphi_{WH}}{F_W \cdot \varphi_{WH} + F_R \cdot \varphi_{WH}}} \quad (7)$$

Jeżeli φ_{RW}, φ_{HW} i φ_{RH} są wiadome, to można obliczyć T_W.

oraz:

$$Q_S = Q_{SD} + Q_{SJ}$$

albo

$$Q_S = C \cdot F_R \left\{ \varphi_{RH} \left[\left(\frac{T_R}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_H}{100}\right)^4 + \right. \right.$$

$$\left. \left. + \varphi_{RW} \left[\left(\frac{T_R}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_W}{100}\right)^4 \right] \right\} \quad . \quad . \quad (8)$$

W wypadku, gdy promieniująca powierzchnia rusztu jest płaska mamy

$$\varphi_{RW} = 1 - \varphi_{RH} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

czyli φ_{Rw} jest przez φ_{RH} określone.

Szczególnie prosto przedstawiają się stosunki, jeżeli wszystkie wystawione na promieniowanie powierzchnie chłodzące leżą na tej samej płaszczyźnie i kiedy sam ruszt stanowi płaszczyznę. Wtedy φ_{RH} i φ_{WH} daje się przedstawić przez φ_{RH}.

$$\varphi_{HW} = 1 - \varphi_{HR} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

a z równań (3), (9) i (10) wynika

$$F_W \cdot \varphi_{WH} = F_R \left(\frac{F_H}{F_R} - F_R \left(\mu - \varphi_{RH} \right) \right) \quad . \quad . \quad (11)$$

gdzie

$$\mu = \left(\frac{F_H}{F_R} \right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Przez wprowadzenie wzoru (11) do wzoru (6)

$$\left(\frac{T_W}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_H}{100}\right)^4 - \frac{1 - \varphi_{RH}}{1 + \mu - 2\varphi_{RH}} \cdot$$

$$\cdot \left[\left(\frac{T_R}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_H}{100}\right)^4 \right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

i w końcu w związku z (8)

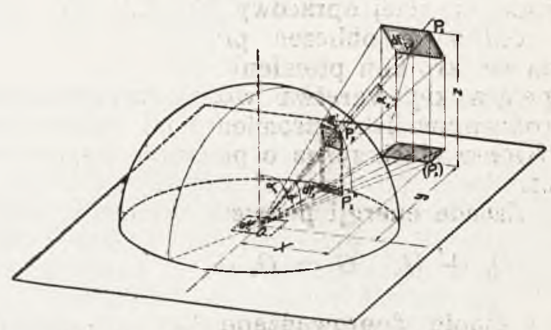
$$Q_S = C \cdot F_R \cdot \frac{\mu - \varphi^2_{RH}}{1 + \mu - 2\varphi_{RH}} \cdot$$

$$\cdot \left[\left(\frac{T_R}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_H}{100}\right)^4 \right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

Jest to znany wzór. Należy jednak pamiętać, że ma on zastosowanie tylko wtedy, kiedy wystawione na promieniowanie powierzchnie ogrzewalne leżą w jednej płaszczyźnie i kiedy ruszt przedstawia również płaszczyznę. Dalej przypuszcza się, że z jednej strony nieosłonięte obmurze, z drugiej zaś strony ruszt mają jednakową temperaturę, co nie jest zupełnie ścisłe. Jeżeli chodzi o większe przybliżenie, należy podzielić obmurze na poziome pasy i obliczyć dla każdego z nich T_W i Q_{SJ} Jeżeli się zaniecha tego dokładniejszego sposobu obliczenia, to należy zawsze pamiętać o tem, że obliczone T_W przedstawia tylko przeciętną wartość i że szczególniej w pobliżu rusztu panować będzie znacznie wyższa temperatura.

B) Obliczenie stosunku kątowego φ.

Zakładamy, że dwie wzajemnie na siebie promieniujące powierzchnie df_1 i df_2 posiadają absolutne temperatury T_1 i T_2. Odległość



Rys. 1. Określenie stosunku kątowego

środków ciężkości tych powierzchni wynosi r (rys. 1). Według Lamberta ciepło wymienione między temi dwoma elementami wynosi:

$$d\,Q_{SD} = \frac{c \cdot df_1 \cdot df_2 \cdot \cos\alpha_1 \cdot \cos\alpha_2}{\pi\ r^2} \cdot$$

$$\cdot \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

W tem wyraz:

$$\frac{df_2 \cdot \cos\alpha_2}{r^2} = df'_2$$

jest niczem innem jak rzutem df_2 na powierzchnię kuli o promieniu = 1 zatoczonej dokoła środka ciężkości df_1.

$$df''_2 = df'_2 \cdot \cos\alpha_1 = df_2 \ \frac{\cos\alpha_1 \cdot \cos\alpha_2}{r^2}$$

Rzut df'_2 na płaszczyznę df_1 daje df''_2.

Poszukiwany spółczynnik $\varphi_{df_1} \cdot \varphi_{df_2}$ jest zatem dany jako:

$$\varphi_{df_1 \cdot df_2} = \frac{df''_2}{\pi}$$

Tem samem równanie (14) przechodzi w

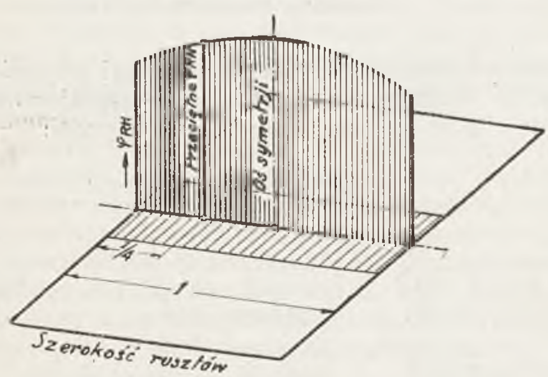
$$dQ_{SD} = C \cdot df_1 \cdot \varphi \cdot {}_{df_1 \cdot df_2} \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right]$$

Spółczynnik $\varphi_{df_1\ df_2}$ jest więc niczem innem jak stosunkiem df''_2, czyli tak zwanego panoramicznego obrazu df_2 w zależności od środka ciężkości df_1, do całkowitej powierzchni koła. Jeżeli mamy dwie dowolne powierzchnie np. F_1 i F_2 z bezwzględnemi temperaturami T_1 i T_2, dzielimy np. F_1 na kilka prostokątów z powierzchniami f_1, f_2, f_3 itd i określamy dla każdego środek ciężkości F''_2. W ten sposób otrzymujemy stosunki kątowe $\varphi_{f_1F_2}$, $\varphi_{f_1F_2}$, $\varphi_{f_2F_2}$ itd. poszczególnych prostokątów.

Przeciętny stosunek kątowy określa równanie.

$$\varphi_{F_1\ F_2} = \frac{f_1 \cdot \varphi_{f_1F_2} \cdot + f_2 \cdot \varphi_{f_2F_2} + f_3 \cdot \varphi_{f_3F_2}}{F_1} \quad (16)$$

Wynik będzie tem bliższy rzeczywistości im powierzchnia zostaje bardziej rozdrobniona. Dla naszych potrzeb powinno wystarczyć rozdzielenie powierzchni rusztu na 2 lub 3 pola. Dokładność obliczenia wzrośnie, jeżeli dla dowolnej poprzecznej linji rusztu wybierzemy nie punkt środkowy lecz punkt leżący na $^1/_4$ szerokości rusztu. Po obliczeniu φ_{RH} dla poszczególnych wypadków i wyznaczeniu



Rys. 2. Schemat stosunku kątowego φ_{RH} dla dowolnej linji poprzecznej rusztu

tej wielkości jako rzędnej nad wymienioną linją poprzeczną otrzymujemy płaską symetryczną krzywą (rys. 2) a średnia wartość dla φ_{RH} będzie z bardzo dużem przybliżeniem równorzędna, rzędnej na $^1/_4$ szerokości rusztu.

Same wykresy zbudować można graficznie, zapomocą wykreślnej geometrji lub przez obliczenie.

W pierwszym przypadku (rys. 1) znajdujemy punkt P_2 odpowiadający punktowi P''_2 w ten sposób, że od punktu O, jako od środka ciężkości df_1, prowadzimy promień ku P_2 i punkt przecięcia promienia z powierzchnią kuli o promieniu 1 rzutujemy prostopadłe na płaszczyznę df_1. W tym samym porządku powtarzając konstrukcję dla krańcowych punktów df_2, odnajdujemy płaszczyznę df''_2.

Jeżeli w podobny sposób P (rys. 5) oznacza jakikolwiek punkt bocznej powierzchni chłodzącej a (P) rzut tego punktu na płaszczyznę tylnej ściany powierzchni chłodzącej to punkt P^1 w którym prosta OP przebija kulę o promieniu 1 znajdujemy zapomocą odchylania płaszczyzn.

Pozostaje wtedy już tylko punkt P przenieść z powrotem na promień $O(P)$, aby otrzymać poszukiwany punkt P'' wykresu panoramicznego. Spółczynnikiem $\varphi_{F_1F_2}$ będzie, jednak jak to już poprzednio podano, stosunek powierzchni wykresu panoramicznego do całej powierzchni kuli, w szczególności kuli o promieniu 1.

$$\varphi_{F_1\ F_2} = \frac{F''_2}{\pi}$$

W drugim przypadku (rys. 1) przeprowadzamy przez O układ spółrzędnych XYZ w taki sposób że rzędne XY leżą w płaszczyźnie df_1. Na O (P_2) przenosimy długość OP''_2, która daje się obliczyć z następującego wzoru:

$$OP''_2 = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}} = \cos \alpha$$

gdzie α oznacza kąt pochylenia promienia OP_2 do płaszczyzny df_1. [1])

C. Przeprowadzenie obliczenia.

Niżej podane obliczenie wykonane jest dla kotła [2]) przedstawionego na rys. 6. Kocioł o powierzchni ogrzewalnej 300 m^2 zbudowany jest na ciśnienie 35 *at* i przegrzanie pary do 425 °C. Nowoczesna konstrukcja zaznacza się w tym kotle elastycznem zawieszeniem wszystkich jego części składowych, podlegających rozszerzeniu pod działaniem ciepła. Np. dolna część kotła zawieszona jest zapomocą dwóch drążków na dźwigni zaopatrzonej w przeciwwagę, co daje opłomkom daleko idącą swobodę rozszerzania się pod wpływem ciepła. W ten sposób uchyla się niebezpieczeństwo

[1]) Wykresy Webera, jak je podaje Kammerer w Zeitschr. d. Bayerischen Revisionsvereins są równowartościowe jakkolwiek w inny sposób zbudowane. Przeciwnie, Münziger, który swój wykres wykonał w kole o promieniu 1, odkłada na $O(P_2)$ długość OP'', podaną jako

$$OP_2'' = \frac{x^2 + y^2}{x^2+y^2+z^2} = \cos^2 \alpha.$$

[2]) Zaprojektowane przez Sulzera obliczenie promieniowania tego kotła przedstawione zostało przez Prof. D-ra Stodolę na wszechświatowej konferencji energetycznej w 1930 r. (Sprawozdanie 213 wszechświatowej konferencji energetycznej). Przyjęte tam dla przeprowadzenia obliczenia, uproszczenia doprowadzają do wyników, które cokolwiek się odchylają od tu podanych, szczególnie w tem co dotyczy względnych natężeń cieplnych rozmaitych poddanych promieniowaniu powierzchni chłodzących. Podana ta metoda może być uważana za bardziej dokładną.

wysokich naprężeń w obsadach opłomek jak również w samych opłomkach. Obok normalnego podwójnego rusztu (systemu Kablitza) przewidziane są również palniki na ropę. Obliczenie przeprowadzone jest dla 6, 12 i 18 t pary na godzinę.

Przedewszystkiem należy określić stosunki kątowe φ Rys. 3 przedstawia wykres panoramiczny paleniska dla trzech punktów rusztu w tym celu, aby otrzymać dokładną przeciętną wartość φ_{RH}. Rys. 4 i 5 zawierają dalsze wykresy panoramicze, a mianowicie rys. 4 w związku z punktem bocznego elementu chłodzącego, rys. 5 w związku z punktem elementu chłodzącego tylnej ściany. Te dwa ostatnie wykresy pozwalają na obliczenie promieniowania na elementy chłodzące i na przednią powierzchnię opłomek oraz na określenie stosunku kątowego φ_{WH}. Ponieważ w rzeczywistości powierzchnie ogrzewalne nie leżą w jednej poziomej płaszczyźnie, należy zastosować wyrażenia (7) i (8). Dalej ważne jest równanie: $\varphi_{RH} + \varphi_{HW} + \varphi_{HR} = 1$, które pozwala obliczyć φ_{HW}, jeżeli obydwa inne spółczynniki są znane. φ_{HR} daje się łatwo obliczyć równania (3), podczas gdy dla φ_{HH} mamy zależność:

$$\varphi_{HH} = \frac{F_1(2\varphi_{12} + \varphi_{13}) + 2F_2(\varphi_{21} + \varphi_{22} + \varphi_{23}) + F_3(\varphi_{31} + 2\varphi_{32})}{F_1 + 2F_2 + F_3}$$

Powyższe indeksy wskazują rozmaite powierzchnie ogrzewalne, jak np. F_1 — przednią powierzchnię opłomek, F_2 — boczne elementy chłodzące, a F_3 — powierzchnię chłodzącą tylnej ściany.

Poniżej zestawione są spółczynniki φ, wyznaczone przez planimetrowanie lub obliczone według jednego z ostatnich wzorów z płaszczyznami komory ogniowej.

$F_1 = 16{,}2\ m^2$	$\varphi_{RH} = 0{,}508$
$2F_2 = 14{,}0\ m^2$	$\varphi_{RW} = 0{,}492$
$F_3 = 4{,}8\ m^2$	$\varphi_{HR} = 0{,}139$
$F_H = 35{,}0\ m^2$	$\varphi_{HH} = 0{,}314$
$F_R = 9{,}6\ m^2$	$\varphi_{HW} = 0{,}547$
$F_W = 35{,}5\ m^2$	$\varphi_{WH} = 0{,}540$

Równania (7) i (8) pozwalają obliczyć ciepło promieniowania jako funkcję temperatury rusztu t_R. Do obliczonych wielkości należy dodać ciepło gazów ogniowych zależne od temperatury rusz u. Graficzne przedstawienie równania (1) daje odpowiedź na to pytanie. Indeks I odnosi się do minimalnego, II do normalnego, III do maksymalnego obciążenia kotła czyli do wytwarzania pary w ilości 6, 12 i 18 t na godzinę (tablica 1):

TABELA 1.

t_R	^0C	1.027	1.127	1.227	1.327	1.427	1.527
T_R	^{0}	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700	1.800
T_W	^{0}	886	949	1.010	1.075	1.140	1.195
t_w	^0C	613	676	737	802	867	922
Q_S	kcal/h	965.000	1.310.000	1.730.000	2.245.000	2.875.000	3.625.000
$Q_{g\ I}$	kcal/h	3.540.000	3.920.000	4.300.000	4.700.000	5.130.000	5.530.000
$Q_{g\ II}$	kcal/h	5.600.000	6.200.000	6 800.000	7.430.000	8.100.000	8.750.000
$Q_{g\ III}$	kcal/h	8.050.000	8.900.000	9.780.000	10.670.000	11.650.000	12.560 000
$Q_{tot\ I}$	$= Q_g\ Q_{g\ I}$	4.505 000	5.230.000	6.030.000	6.945.000	8.005.000	9.155.000
$Q_{tot\ II}$	$= Q_g + Q_{g\ II}$	6.565.000	7.510.000	8.530.000	9.675.000	10 975.000	12.375.000
$Q_{tot\ III}$	$= Q_g + Q_{g\ III}$	9.015.000	10.210.000	11.510.000	12.915.000	14.525.000	16.185.000

Ciepło doprowadzane przy poszczególnych obliczeniach wynosi:

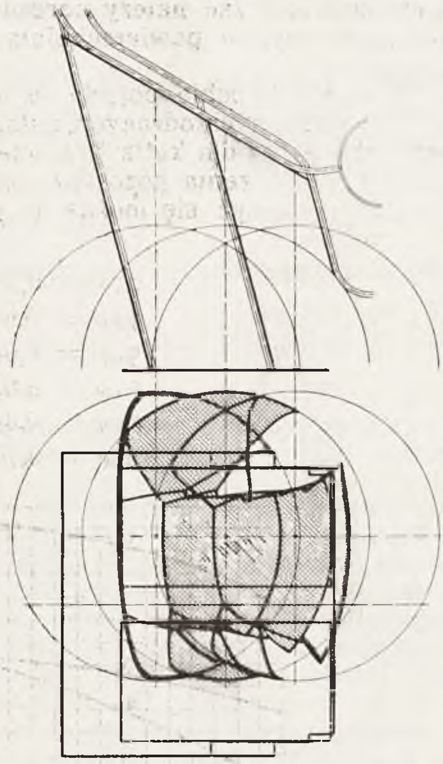
Obciążenie kg/h	6.000	12.000	18 000
$H_u G + Q^L =$ kcal/h	5.225.000	10.430.000	15.870.000

Krzywe $Q_{tot} = f\ (t_R)$ dla poszczególnych obciążeń są podane na rys. 7, który zawiera również krzywe ciepła promieniowania oraz przeciętnej temperatury nieosłoniętych ścian obmurza. Przecięcie poziomej $Q_L + H_u G$ z krzywą Q_{tot} daje poszukiwane temperatury rusztu. Następująca tabela 2 daje obraz otrzymanych wyników:

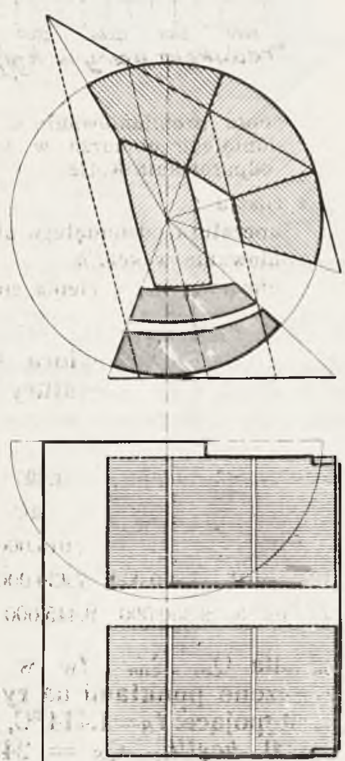
TABELA 2.

Obciążenie w kg/h		6.000	12.000	18.000
t_R	^0C	1.131	1.389	1.510
t_W	^0C	680	840	915
Q_S	kcal/h	1.330.000	2.640.000	3.480.000
Q_S	%	25.6	26.0	23.1
Przeciętne obciążenia względne	kcal/m²/h	38.000	75.500	100.000

Na rys. 8 przedstawione są t_R, t_W i Q_S w zależności od wytwarzanej ilości pary. Z wykresu wynika, że ciepło promieniowania



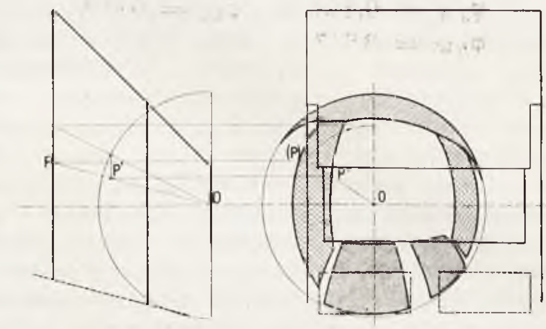
Rys. 3. Wykres panoramiczny komory ogniowej w zależności od trzech punktów rusztu



Rys. 4. Wykres panoramiczny komory ogniowej w zależności od pewnego punktu bocznego elementu chłodzącego

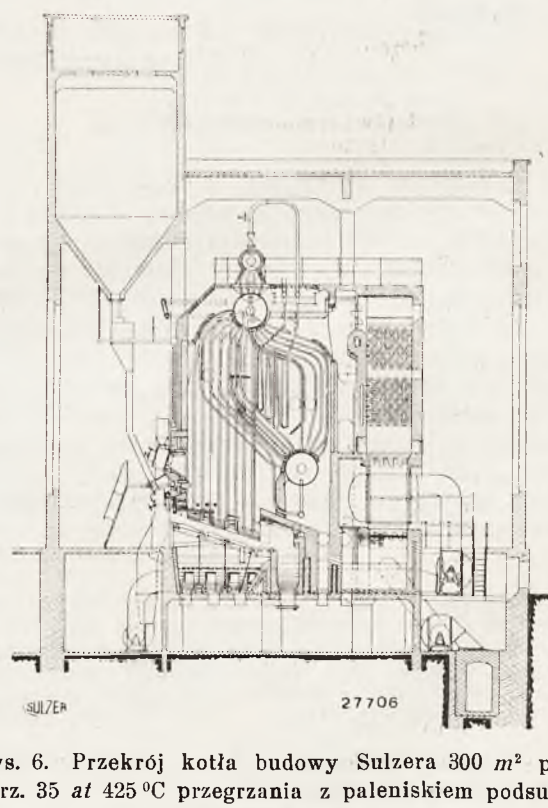
wzrasta prawie proporcjonalnie w zależności od obciążenia i że wartości ciepła promieniowania wyrażone w $^0/_0$ $^0/_0$ ciepła spalenia zmieniają się bardzo nieznacznie.

Procentowy udział ciepła promieniowania spada wraz z wzrastającem obciążeniem. Przy obliczeniu uwzględnione zostało zwiększające się przy wzrastającem obciążeniu podgrzanie powietrza.



Rys. 5. Wykres panoramiczny komory ogniowej w zależności od dowolnego punktu tylnej ściany chłodzącej

Pozostaje jeszcze zbadać jak się rozdziela promieniowanie na rozmaite chłodzące



Rys. 6. Przekrój kotła budowy Sulzera 300 m^2 pow. ogrz. 35 *at* 425 °C przegrzania z paleniskiem podsuwowem i palnikiem na ropę

powierzchnie paleniska i jaki jest wpływ bocznych powierzchni chłodzących. Wystarczy przeprowadzić to obliczenie dla jednego dowolnie wybranego obciążenia. W tym celu wybrana została normalnie wytwarzana ilość pary t. j. 12 *t*. W zasadzie należy obliczyć osobno dla każdej powierzchni chłodzącej

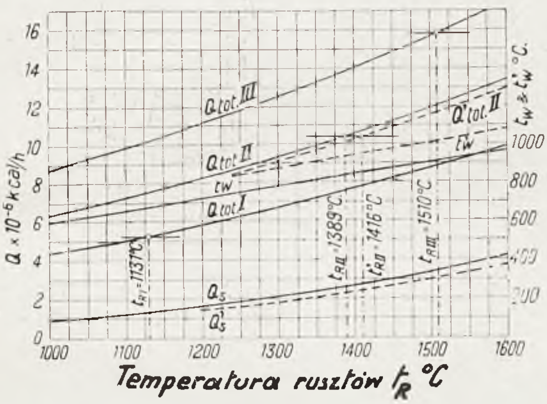
promieniowanie bezpośrednie i pośrednie. Dla obliczania promieniowania bezpośredniego należy zastosować spółczynniki, otrzymane przez splanimetrowanie powierzchni przedstawionych na rys. 3. Do obliczenia promieniowania pośredniego służą wykresy (rys. 4 i 5). Wielkość tych spółczynników podana jest poniżej:

$\varphi_{2\,W} = 0{,}541 \qquad \varphi_{R2} = 0{,}097$

$\varphi_{3\,W} = 0{,}458 \qquad \varphi_{R3} = 0{,}094$

$\varphi_{HW} = 0{,}547 \qquad \varphi_{R1} = 0{,}220$

Równanie (5) pozwala obliczyć promieniowanie pośrednie: $Q_{SI} = 1.160.000$ *kcal/h*.



Rys. 7. Krzywe przeciętnej temperatury odsłoniętego obmurza oraz ciepła promieniowania i całkowitej ilości ciepła w zależności od temperatury rusztu

$Q_{tot\,I}$ ogólna ilość ciepła przy odparowaniu 6 *t/h*

$Q_{tot\,II}$ „ „ „ „ „ 12 *t/h*

$Q_{tot\,III}$ „ „ „ „ „ 18 *t/h*

Q'_S ciepło promieniowania rusztu w kotle z bocznemi elementami chłodzącemi

Q_S ciepło promieniowania j. w. w kotle bez bocznych elementów chłodzących

t_w przeciętna temperatura odsłoniętego obmurza w kotle z elementami chłodzącemi

t'_W przeciętna temperatura j.w. w kotle bez elementów chłodzących

Przy założeniu, że wszystkie nieosłonięte ściany obmurza posiadają jednakową temperaturę t_W, bezpośrednie promieniowanie dla każdej ściany w stosunku do iloczynu $\varphi\, F$., wyniesie:

$$Q_{SI_2} = \frac{F_2 \cdot \varphi_{2\,W}}{F_H \cdot \varphi_{HW}} = Q_{SI}.$$

Promieniowanie bezpośrednie daje się obliczyć z równania (2). Obie wartości powinny być dodane. Na tab. 3 podane są obciążenia, przypadające na 1 m^2 wystawionych na promieniowanie powierzchni.

TABELA 3.

	Q_{SI} *kcal/h*	Q_{SD} *kcal/h*	Q_S *kcal/h*	Q_S *kcal/m²/h*
płaszczyzna F_1	566.500	643.000	1.209.500	74.700
F_2	460.000	567.000	1.027.500	73.200
F_3	133.500	275.500	409.000	75.000
Razem	1.160.000	1.485.500	2.645.000	—

Wynika stąd, że promieniowanie rozkłada się nadzwyczaj równomiernie i że obciążenie poszczególnych powierzchni jest dość niewielkie co przypisać należy bardzo dużym w stosunku do rusztu powierzchniom ogrzewalnym.

Aby wyrobić sobie pojęcie o wpływie bocznych elementów chłodzących, należy przeprowadzić obliczenie dla kotła bez ścian chłodzących. Bieg obliczenia pozostaje bez zmiany, dlatego ograniczyć się można do podania jedynie rezultatów.

$F_1 = 16{,}2\ m^2 \qquad \varphi_{RH} = 0{,}314$

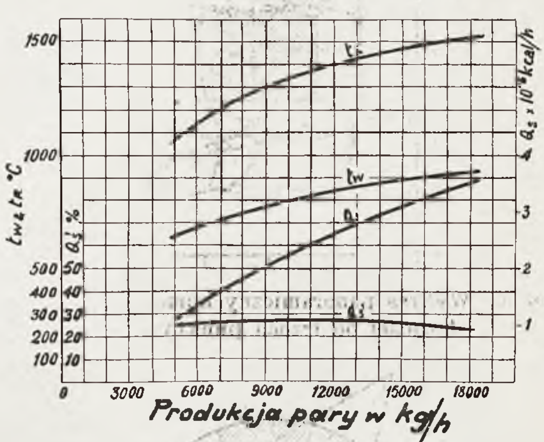
$F_3 = 4{,}8\ m^2 \qquad \varphi_{RW} = 0{,}686$

$F_H = 21{,}0\ m^2 \qquad \varphi_{HH} = 0{,}0407$

$F_R = 9{,}6\ m^2 \qquad \varphi_{HW} = 0{,}816$

$F_W = 49{,}5\ m^2 \qquad \varphi_{WH} = 0{,}346$

$\varphi_{3\,W} = 0{,}736$



Rys. 8. Krzywe ciepła promieniowania oraz temperatury rusztu i odsłoniętego obmurza w zależności od odparowania kotła

T_R Temperatura rusztu

T_W przeciętna temperatura odsłoniętego obmurza

Q_S ciepło promieniowania w *kcal/h*

Q'_S ciepło promieniowania w %% ciepła spalania

Poniższa tabela 4 zawiera t_w, Q_S, Q_g i Q_{tot} w zależności od temperatury rusztu t_R.

TABELA 4.

t_R	°C	1.227	1.327	1.427
t_w	°C	827	897	967
Q_S	*cal/h*	1.550.000	2.015.000	2.572.000
Q'_g	*cal/h*	6.800.000	7.430.000	8.100.000
$Q_{tot} = Q_S + Q_g$	*cal/h*	8.350.000	9.445.000	10.672.000

Krzywe dla Q_S, Q_{tot} i t_W w zależności od t_R są oznaczone punktami na rys. 7. Wielkości te są następujące: t_R=1.414 °C, t_w=958 °C, Q_g = 2.470.000 *kcal/h*, Q_S = 24,72, Q_S = = 119.000 *kcal/m²/h*.

Analizę rozdziału ciepła na powierzchnię chłodzącą tylnej ściany, oraz na czołową powierzchnię opłomek zawiera tabela 5.

TABELA 5.

	$Q_{S_I} kcal/h$	$Q_{S_D} kcal/h$	$Q_S kcal/h$	$Q_S kcal/m^2/h$
płaszczyzna F_1	1.215.000	650.000	1.865.000	115.000
płaszczyzna F	315.000	290.000	605.000	126.000
Razem .	1.530.000	940.000	2.470.000	—

Jeżeli porównać te wartości z wynikami poprzednio otrzymanemi, to da się ustalić, że promieniowanie jest niewiele słabsze (5%) a temperatnra rusztu niewiele wzrosła (25%). Przeciwnie, nie osłonięte ściany obmurza wykazują przyrost temperatury w wysokości 118 °C. Obciążenie powierzchni ogrzewalnej wzrasta z 79,500 do 119,000 $kcal/m^2/h$. Chłodzenie przez ściany mało przeto wpływa na promieniowanie i na temperaturę spalania, przedstawia ono jednak nadzwyczaj skuteczną ochronę, nietylko dla obmurza, ale i dla ścian nieosłoniętych. Z drugiej strony chłodzenie przez ściany chłodzące pochłania ogromną część promieniowanego ciepła i odciąża inne powierzchnie ogrzewalne.

Wnioski.

Jak już wspomniano możność obliczenia promieniowania umożliwia dokładniejsze poznanie temperatury gazów w rozmaitych punktach kanałów kotła i pozwala na ustalenie należytych rozmiarów kotła, a w szczególności przegrzewacza. Konstruktorzy posiadają niestety bardzo skromne pojęcie o promieniowaniu ciepła i narażają się na niebezpieczeństwo błędów w obliczeniu.

Wielokrotne stosowanie wyżej przytoczonej teorji pozwala na wyprowadzenie pewnych ogólnych praw, które ujęte tu będą poniżej w całość. Panuje obecnie dążenie do zwiększenia udziału promieniowania rusztu i osiągnięcia przez to lepszego wyzyskania powierzchni ogrzewalnych, to znaczy otrzymania kotła oszczędniejszego pod względem gospodarczym. Należy sobie przeto dokładnie uświadomić wagę rozmaitych czynników, wywierających wpływ na promieniowanie rusztu. Temi czynnikami będzie w pierwszym rzędzie dla każdego gatunku węgla obciążenie rusztu oraz wstępne podgrzanie powietrza, doprowadzanego przy spalaniu. Tak np. mały ruszt, wykazujący wysokie obciążenie, będzie wypromieniowywał mniej ciepła aniżeli duży, pomimo wysokiej temperatury spalania, ponieważ żarząca się powierzchnia będzie stosunkowo mała. Jest więc korzystne, aby ten ruszt był dość dużych rozmiarów tembardziej, że zanieczyszczanie się jego powierzchni zwiększa się wraz z wzrastającem obciążeniem. Co do wstępnego podgrzewania powietrza, to sprowadza ono jako bezpośredni skutek wyższą temperaturę paleniska i wywołuje tem samem dodatni wpływ na promieniowanie. W tym wypadku granicę ustala sam ruszt, który źle znosi nadmiernie wysoką temperaturę, tak że obecnie jeszcze podgrzewanie powietrza rzadko przekracza 150 do 200 °C.

Inny środek osiągnięcia większego promieniowania rusztu, mniej skuteczny niż się to zwykle wydaje polega na zwiększeniu chłodzących powierzchni paleniska. W samej rzeczy, przy pewnym łatwo dającym się wyprowadzić stosunku chłodzących powierzchni do powierzchni rusztu, zbliża się promieniowanie do najwyższej możliwej wartości, wyrażonej następującem równaniem

$$Q_{S\,max} = c \, . \, F_R \left[\left(\frac{T_R}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_H}{100} \right)^4 \right]$$

i nie może się dalej zwiększać. Zato zyskuje się tą drogą obniżenie obciążenia cieplnego chłodzących powierzchni. Rozmieszczenie chłodzących bocznych elementów stanowi znaczne odciążenie frontowej powierzchni rusztu dlatego, że te powierzchnie pochłaniają część wypromieniowywanego ciepła. Z tych samych względów boczne powierzchnie chłodzące są niezbędne w paleniskach budowanych dla wysokiego obciążenia cieplnego na m^3 pojemności. Frontowa powierzchnia rusztu byłaby w tym wypadku zbyt silnie obciążona przez promieniowanie. Wkońcu wspomnieć należy jeszcze o jednej korzyści chłodzenia ścian paleniska, która polega na tem, że pozostałe nieosłonięte ściany obmurza wykazują niską temperaturę, ponieważ oddają one przyjmowane wypromieniowane ciepło na większe i korzystniej rozłożone chłodzące powierzchnie.

Z tego co wyżej powiedziano wynika, że budowa ekonomicznych kotłów opierać się musi na starannem badaniu warunków spalania a przedewszystkiem warunków promieniowania rusztu.

Inż. BRONISŁAW MICHELIS, jun.

KILKA UWAG O PRZYCZYNACH MIGANIA ŚWIATŁA W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH

W wielu instalacjach elektrycznych spotykamy drganie t. zw. „miganie światła". Zjawisko to, bardzo nieprzyjemne dla oka ludzkiego, czasami przekracza granicę, poza którą staje się tak przykre, że niezbędna jest interwencja celem zaradzenia brakom.

Ażeby zrozumieć przyczynę migania należy choć pobieżnie rozpatrzeć fizyczną stronę promieniowania nowoczesnej żarówki.

Energja, wypromieniowywana przez żarówkę, zależy przedewszystkiem od temperatury włókna, co można przedstawić pod postacią wzoru

$$P = c \, . \, T^k,$$

gdzie P—energja wypromieniowana, c—stała; T—temperatura bezwględna; k—wykładnik potęgi, waha się w granicach 30 ~ 12, a wielkość jego zależy od wysokości temperatury włókna. Widzimy więc jak wysoki wpływ wywiera temperatura na stopień promieniowania. Włókno rozżarzy się tem wyżej, im większy przez nie przepłynie prąd, a więc im większe przyłożymy napięcie, którego pewnej granicy nie przekraczamy jednak ze względu na zbyt szybkie przepalanie się włókna.

Badanie, przeprowadzone z żarówkami, wykazały, że zależność światłości S żarówki, od napięcia przyłożonego V można przedstawić wzorem

$$S = c_1 \, . \, V^m,$$

gdzie wykładnik potęgi m waha się w pobliżu 4,2.

Najmniejsza zmiana napięcia wywołuje duże wahanie światłości, a jeśli zmiany te będą dostatecznie wielkie i będą się powtarzały często i perjodycznie, to powstaje drganie, owe miganie światła.

Zbyt częste jednak zmiany napięcia nie są dostrzegalne, a to skutkiem fizjologicznej własności oka, że zachowuje ono przez pewien czas widziany obraz, chociaż on już w rzeczywistości znikł. Pozatem włókno żarówki jest w pewnej mierze akumulatorem ciepła i wyrównywuje, reguluje niejako zależność między dopływem i odpływem energji. Zbyt powolne zmiany napięcia, jeśli nie przekraczają pewnych granic, również nie dają się we znaki. Trzeba więc pewnych ściśle określonych warunków, aby miganie można było obserwować. Są niemi: 1) częstość wahnięć napięcia, 2) wielkość zmiany napięcia.

Prof. Dr. K. Simons badał tę zależność, a wyniki zostały podane w *E. T. Z.* Rok. 1917, zeszyty 17, 18 i 19. Zasada pomiarów prof. Simonsa polegała na tem, że umieszczał on w fotometrze obok stałego źródła światła jeszcze dodatkową żarówkę, w której zmieniał perjodycznie napięcie, przyczem wielkość i częstość zmiany można było regulować. Szereg obserwatorów (celem wyeliminowania wrażeń subjektywnych) ustalał warunki (zmieniając napięcie i częstotliwość), przy których zjawisko migania zanikało. Pomiary były robione przy bezpośredniem i pośredniem obserwowaniu źródła światła, brano rezultaty mniej korzystne, a w rezultacie zbudowano dla żarówki 220 V wykres, przedstawiający graficznie wyniki pomiarów.

Dla żarówek o innem nominalnem napięciu należy oś wielkości wahań napięcia procentowo zmienić (por. rys. 1).

Przechodząc z kolei do części technicznej zjawiska „migania", przyczyną mogą być niedokładności bądź wadliwa konstrukcja 1) prądnicy, 2) silnika napędowego.

W prądnicach błędy spotykają się stosunkowo bardzo rzadko, a źródłem ich bywa zazwyczaj nieprawidłowa praca wzbudnicy lub regulatorów napięcia.

W silnikach napędowych przyczyną migania bywa nierównomierne wirowanie, gdyż siła elektromotoryczna prądnicy jest wprost proporcjonalna do szybkości kątowej.

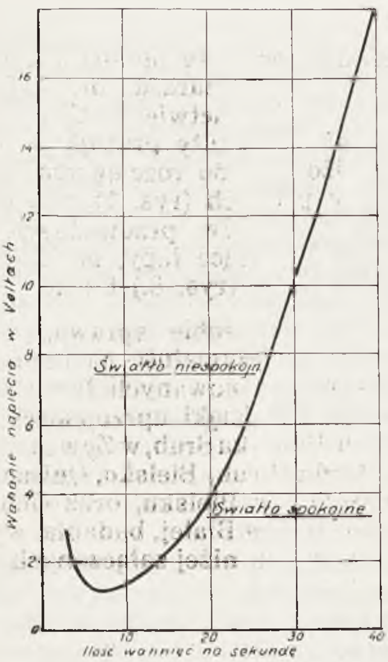
Wadliwa praca małoczułego regulatora obrotów; zbyt oszczędnie obliczone koło zamachowe o niedostatecznym momencie bezwładności; długi wał napędowy o małej średnicy, wywołujący skutkiem nadmiernych momentów skręcających drgania (skręcania) wymuszone w układzie silnik — prądnica; wreszcie pas napędowy o wadliwem połączeniu części składowych — oto główne przyczyny, które w rezultacie mogą doprowadzić do migania światła.

Miganie, wywołane wadliwą konstrukcją pasa napędowego (większy, to mniejszy poślizg) można zazwyczaj dość łatwo ustalić, gdyż zjawisko to jest perjodyczne i można je obserwować w chwili, kiedy miejsce łączenia pasa wchodzi na koło.

Jeśli wał napędowy jest długi i o małym przekroju, to powstają drgania (skręcania) wymuszone o charaterze zamierającym i dają się obserwować po każdej większej i nagłej zmianie obciążenia. Dużo materjału do przeliczenia wału podaje w swym artykule prof. Simons, jednakowoż ze względu na skomplikowany charakter wzorów i różnorod-

ność rozpatrywanych wypadków odsyłam zainteresowanych do *E. T. Z.* 1917.

Miganie, wywołane nierównomiernem wirowaniem koła zamachowego na skutek impulsów silnika napędowego, spotyka się stosunkowo najczęściej; bardzo pomocnym dla ustalenia przyczyny może okazać się tutaj wyżej podany wykres prof. Simonsa (rys. 1 i 2). Należy tu przedewszystkiem ustalić ilość impulsów.



Rys 1.

Ilość wahnięć napięcia na sek	Wielkość zmiany napięcia V
3	2,75
4	1,90
5	1,50
6	1,22
7	1,15
8	1,20
9	1,25
10	1.38
12	1,70
14	2,1
16	2,5
18	3,0
20	4,0
25	7,8
30	10,4
35	14,0
40	18,6
45	25
50	↓
55	
60	∞

Dla maszyn parowych compound

$$\text{ilość wahań} = \frac{n \cdot 4}{60} \qquad n = \text{ilość obrotów na minutę}$$

Dla Diesli:

$$\text{ilość wahań} = \frac{n \cdot i}{2 \cdot 60} \qquad i = \text{ilość cylindrów}$$

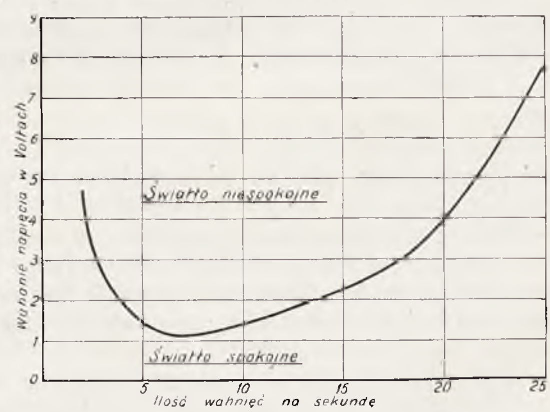
Jeśli np. mamy 3-cylindrowy Diesel o 200 obrotach na minutę, to ilość wahnięć

$$\text{na sekundę} = \frac{200 \cdot 3}{2 \cdot 60} = 5.$$

Według krzywej Simonsa dla żarówki 220 *Volt* zmiana napięcia o 1,5 *V* przy tych 5-ciu wahnięciach na sekundę jest już widoczną dla oka ludzkiego. Odpowiada w tym wypadku stopień nierównomierności

$$\delta = \frac{1{,}5\ V}{220\ V} \sim \frac{1}{147}$$

Naturalnie dla posiłkowania się krzywą Simonsa potrzeba bardzo czułych przyrządów



Rys. 2

elektrycznych dla ustalenia wahania napięcia, co połączone jest z pewnemi trudnościami jeśli bezwładność woltomierza jest duża.

Inż. W. ROKITOWSKI i Inż. Z. KLĘBOWSKI.

NITY NARAŻONE NA ROZCIĄGANIE W KONSTRUKCJACH KOTŁOWYCH

Niniejszy artykuł jest wstępną próbą zdania sobie, na razie w głównych zarysach sprawy, ze zjawisk zachodzących w nitach, przy nitowaniu ręcznem na gorąco.

Przypuszczamy, iż obawa przed obciążaniem nitów siłami rozciągającemi jest w swych rozmiarach i ogólności przesadzona.

Rzucając niniejsze rozważania wstępne jako tło do dyskusji, pragnęlibyśmy, aby tą drogą poruszona przez nas sprawa, została należycie wyświetlona.

Nie chcąc wysuwać żadnych ogólniejszych wniosków ani z rezultatów badań jako też z przytoczonych rozważań, pragniemy jednak podkreślić z naciskiem, iż pozbawione jest, według nas, jakichkolwiek podstaw dość rozpowszechnione przypuszczenie, że doraźna wytrzymałość nita na rozerwanie po zanitowaniu jest w przybliżeniu taka, jaką posiada żelazo w temperaturze nitowania.

Oddawna przyjęto ogólną zasadę, „że nitów na rozciąganie narażać nie wolno". Tymczasem w budownictwie kotłów są pewne elementy, których nity pracują w warunkach bardzo zbliżonych do rozciągania: są to nity kotw dennic płaskich (rys. 1), nity przy ścięgnach małych kotłów przewoźnych (rys. 2), nity przytwierdzające łapy, na których bywa zawieszony kocioł (rys. 3.) i t. d.

Dla zdania sobie sprawy, jaka może być doraźna wytrzymałość na rozciąganie nitów, o ręcznie formowanych łbach na gorąco, przeprowadzono dzięki uprzejmości firm Brevillier Urban, Fabryka Śrub, w Zywcu, Bartelmuss Suchy, Fabryka Śrub, Bielsko, Quissek Geppert Fabryka Kotłów w Bielsku, oraz Ochsner Jan, Fabryka Kotłów w Białej, badania, wyniki których są zebrane w niżej załączonych tablicach (Tab. 1 i 2).

Tabela 1. Rezultaty doświadczeń mechanicznych

Nr. prób	Gatunek	Grubość	Przekrój	Wytrzymałość		Wydłużenie	
				absolutn.	R *kg/mm*²	absol.	E %
1	żel. zlewne marki III	∅ 15,5	188,69	7110	37,64	205	32,2
2	próbki surowe	„	„	7060	37,4	204	31,6
3	rwane w stanie zimnym	„	„	7080	37,5	203	31
1	w stanie nagrzanym do temp. ~ 800° *C*	∅ 15,5	188,69	1220	6,47	—	—
2	„	„	„	1460	7,75	—	—
3	„	„	„	1320	7,00	—	—
1	w stanie zanitowanym	∅ 16	2×201,06	14200	35,4	—	—
2	„	„	„	14000	37,1	—	—
3	„	„	„	13200	32,8 [1]	—	—

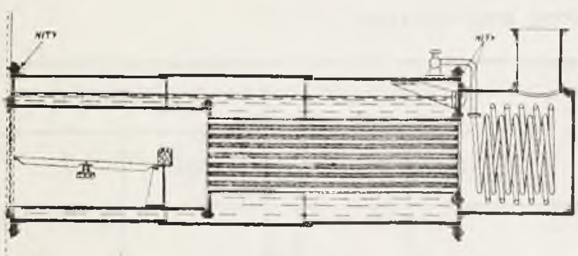
W tabeli I-szej mamy wyniki wytrzymałości żelaza, z którego wykonano nity, w stanie zimnym, w temperaturze nitowania około 800° *C*, oraz wytrzymałość nitów łączących dwie teówki (rys. 4). Nity w teówkach pękły w środku. Tylko w próbce Nr. 3 pękła teów

[1]) Próbka zanit. Nr. 3 pękła przez kątówkę.

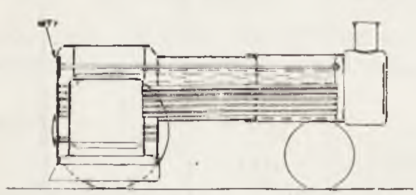
ka i jeden nit. Naogół jednak teówki naznaczone na rys. 4 okazały się mało sztywne, powtórzono więc badania dając nity 8 *mm*, oraz teówki jak rys. 5. Nity tutaj użyte mają większą wytrzymałość a mniejszą ciągliwość, gdyż są to nity używane do zbiorników. (Najmniejsze nity kotłowe mają ⌀ 11 *mm*.)

Tab. 2. Rezultaty doświadczeń mechanicznych

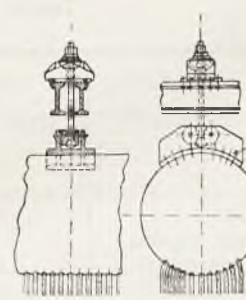
Nr. prób	Gatunek	Grubość	Przekrój	Wytrzymałość		Wydłużenie		Uwagi
				absolutna	„R" kg/mm^2	absol.	E %	
1	próbki	⌀ 7,6	45,4	2530	55,7	84	10,5	próbka urwana poza środkiem
2	surowe rwane	⌀ 7,6	45,4	2430	53,5	83	9,2	„ „
3	w stanie zimnym	⌀ 7,7	46,5	2530	54,4	80	5,3	próbka urwana poza dług. mierz.
4		⌀ 7,6	45,4	2530	55,7	86	13,2	—
1	w stanie zanitow.	⌀ 2×8	2×50,3	4570	45,4	—	—	—
2	„	„	„	4570	45,4	—	—	—
3	„	„	„	4570	45,4	—	—	—
4	„	„	„	4280	42,6	—	—	—



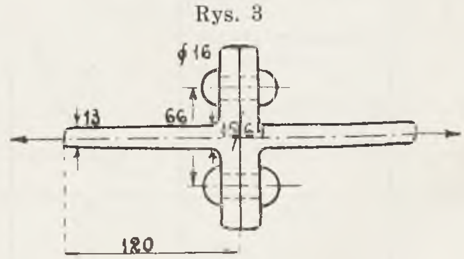
Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4

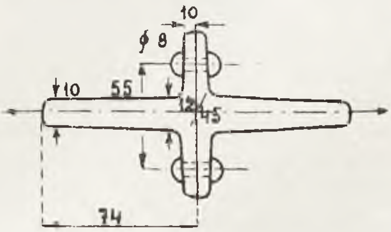
Nity przy drugiem badaniu też pękły w środku, wykazując znaczną ciągliwość. Teówki były zupełnie sztywne.

W celu uniknięcia wątpliwości w ocenie otrzymanych rezultatów zaznacza się, iż przy nitowaniu stykające się wzajemnie powierzchnie teówek były czyste, gładkie i że dbano o to, aby już przed założeniem nita dokładnie do siebie przylegały. Również miejsca przylegania łbów do ścian teówek były czyste i gładkie.

Niżej podane rozważania, niezależnie od otrzymanych rezultatów prób, prowadzą do podobnych wyników, a mianowicie: Szyjka nita w chwili nitowania na gorąco przy ok. $800^0\ C$ wydłużyła się na około $\frac{11}{1000}$ długości jaką miała w stanie zimnym. Zauważmy, iż aby szyjka nita osiągnęła w stanie zimnym granicę plastyczności σ_p = ok. 2400 kg/cm^2 wystarczy ją wydłużyć o:

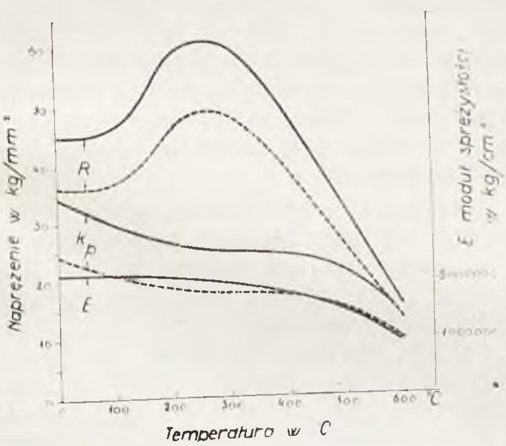
$$\frac{\sigma_p}{E} = \frac{2400}{2000000} = \frac{1,2}{1000}$$

Po ostygnięciu nita z szyjką zaszło to samo jak gdyby ją wydłużono 9 razy więcej w stosunku do wydłużenia odpowiadającego granicy plastyczności przy zwykłej temperaturze; jest to oczywiście głównie odkształcenie trwałe; nieznaczna tylko część tego odkształcenia całkowitego przypada na odkształcenie sprężyste, powodujące przyciskanie blach do siebie za pośrednictwem łbów.



Rys. 5

Tak wielkie odkształcenie trwałe na całej długości szyjki nita możliwie jest tylko dzięki temu, iż moduł sprężystości zmniejsza się ze wzrostem temperatury i spada prawie do zera w temperaturze ok. $800^0\,C$ oraz że to samo ma miejsce z granicą plastyczności k_d co zostało uwidocznione na rys. 6 [1]).



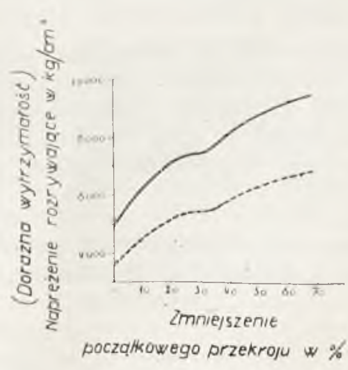
Rys. 6

Dopiero począwszy od temperatury około $100^0\,C$ co odpowiada wydłużeniu ok. $\frac{1{,}2}{1000}$ [2]) możnaby przypuszczać, iż nit po zastygnięciu zachowuje się pod względem ściskania blach za pośrednictwem łbów mniej więcej tak samo, jak gdyby był rozciągnięty na zimno do granicy plastyczności.

To też możnaby przypuszczać, iż szyjka nita (o ile nie brać innych okoliczności pod uwagę) po zastygnięciu ściąga za pośrednictwem łbów, blachy z siłą odpowiadającą 2400 kg/cm^2 przekroju szyjki.

O ile nitowanie odbywa się hydraulicznie i blachy przy nitowaniu zostały dociśnięte, przyczem przyczyna dociskająca (działanie tłoczka nitarki) ustąpiła po zastygnięciu nita, to w szyjce nita powstaje dodatkowe wydłużenie w zależności od wielkości — sprężyste lub trwałe (zgniot — obróbka na zimno), powodujące zmiany we własnościach sprężystych materjału szyjki nita. My jednak mamy na myśli tylko nitowanie ręczne.

Wskutek jednak tego, że odkształcenia plastyczne zachodzą tutaj przeważnie przy wyższych temperaturach oraz że temperatura w przekroju szyjki podczas zastygania nita jest rozłożona nierównomiernie, siła, z jaką przyciskane są do siebie blachy za pośrednictwem łbów nita, jest prawdopodobnie znacznie mniejsza niż średnio 2400 kg/cm^2 przekroju szyjki nita. Siła ta zależna jest prawdopodobnie od średnicy nita. Przypuśćmy dla przykładu, iż wynosi ona średnio $0{,}5\,k_p = 1200\,kg/cm^2$.



Rys. 7

Zdawałoby się, iż skoro szyjka nita po zastygnięciu jest już poddana stale przeciętnemu naprężeniu 1200 kg/cm^2, to możnaby nit taki rozerwać siłą odpowiadającą różnicy: $3600 - 1200 = 2400\,kg/cm^2$ — tak jednak nie jest; szyjka nita stygnie nierównomiernie, a mianowicie najszybciej na swej powierzchni, najpóźniej zaś w swej osi geometrycznej. Niejednoczesne stygnięcie przekroju szyjki nita nie pozwala na takie dociągnięcie blach jakby to miało miejsce przy jednoczesnem stygnięciu jadnakowo w całym przekroju. Na powierzchni szyjki już zachodzi prawdopodobnie zgniot (obróbka na zimno) kiedy wewnątrz zachodzą jeszcze odkształcenia plastyczne w dość wysokiej temperaturze.

[1]) Linje ciągłe pokazane na rys. 6 wzięte ze str. 345, zaś na rys. 7 ze str. 356 niemieckiego tłomaczenia dokonanego przez Dr. J. Malkin'a amerykańskiego wydania pracy: Festigkeitslehre von S. Timoschenko und J. M. Lessels.

Krzywe przerywane mają w przybliżeniu podawać odpowiednie wielkości w zależności od temperatury (rys. 6.) i w zależności od wielkości zgniotu wyrażonego w % wielkości zmniejszenia przekroju (rys. 7) dla żelaza kotłowego $R = 3600$, $k_p = 2400$, $E = 2000000$. Krzywe te (przerywane) zbudowano w przypuszczeniu, iż rzędne są odpowiednio proporcjonalne do rzędnych odpowiednich linij (krzywych) ciągłych.

[2]) Podręcznik Techniczny nowe wydanie *T* II Ciepło str. 16.

Wskutek zgniotu, osiągniętego na całym przekroju szyjki po ostygnięciu nita, wytrzymałość doraźna zwiększa się przy jednoczesnem zmniejszeniu wydłużenia, to też siła rozrywająca będzie większa niż jak dowolnie przyjęliśmy w naszym przykładzie 3600 — — 1200 = 2400 kg/cm^2.

Rys. 7 podaje wzrost doraźnej wytrzymałości w funkcji wielkości zgniotu wyrażonego w % zmniejszenia przekroju próbki przy obróbce na zimno.

Jeżeli nity nie powinny pracować na rozciąganie, to tylko dlatego, że pomimo ich dość jeszcze znacznej wytrzymałości materjał wskutek zgniotu (i nie będąc odżarzony) traci własności materjału kotłowego (stracił na ciągliwości).

Nie trudno zauważyć, iż przy wspomnianych warunkach stygnięcia nita, wewnętrzne podłużne włókna szyjki są poprzecznie rozciągane dzięki wpływowi wcześniej zastygłych równoległych włókien położonych w pobliżu powierzchni szyjki nita. Włókna takie (poprzecznie rozciągane) są na podłużne rozciąganie odporniejsze [1]).

Już z samego rozumowania widać, iż szereg okoliczności przemawia za tem, że siła która zdoła rozerwać nit, leży znacznie bliżej jego doraźnej wytrzymałości w zwykłej temperaturze, niż wytrzymałości w temperaturze nitowania około 800° *C*.

Podkreśla się, iż wszystko powiedziane odnosi się do nitowania ręcznego na gorąco, o ile bowiem nitowanie odbywa się hydraulicznie, wchodzi w grę dodatkowo wpływ dość znacznego dociskania blach tłoczkiem nitarki, oraz zmienione warunki stygnięcia dzięki dość długo trwającemu otoczeniu stalową formą łbów nita.

Czy wobec powyższego można nity obciążać siłami rozciągającemi?

Aczkolwiek nit po zanitowaniu ręcznie na gorąco wykazuje doraźną wytrzymałość prawie taką samą (nieznacznie niższą) jak doraźna wytrzymałość pręta użytego na nit, to jednak zgóry przewidzieć można, iż w większości przypadków nity obciążone na rozciąganie w budowie kotłów będą się zachowywały niekorzystnie. Przyczyna tego leży w następującem: Materjał szyjki nita doznaje zgniotu — wówczas doraźna wytrzymałość wzrasta lecz ciągliwość maleje. Szyjka więc nita traci coś z tej własności, która jest najważniejsza dla materjału kotłowego, poddanego zmiennym obciążeniem od 0 do $+\sigma$. Wymieniony efekt zwiększa jeszcze nierównomierne rozłożenie naprężeń w przekroju jako też niejednakowy sposób rozłożenia naprężeń w różnych przekrojach szyjki nita, a w szczególności spiętrzenie naprężeń w rogach pomiędzy powierzchnią szyjki i płaską stroną łbów. Wymienione tutaj okoliczności mają decydujący głos w sprawie sądu o celowości użycia nitów do takich połączeń, jakie wskazano na rys. 1 i 2. Sytuację pogarszają jeszcze znaczne trudności z jakiemi się spotykamy przy określeniu siły zewnętrznej, rozrywającej nit we wskazanych przypadkach. Stosując bowiem przyjęte obliczenia, w wielu przypadkach, wielkość tej siły jest niedoceniona.

Natomiast w przypadku gdzie siła rozciągająca nit jest znana i praktycznie stała, jak to pokazano naprzykład na rys. 3 gdzie całkowita siła równa się ciężarowi kotła i wody, oraz rozkłada się przytem równomiernie, to jest prawie jednakowo na każdy nit, niema powodów, naszem zdaniem, uważać, że nitowanie jest gorsze od innego połączenia, o ile zachowamy dostateczną ostrożność, przyjmując naprzykład $^3/_4$ doraźnej wytrzymałości przy 4 krotnej pewności oraz użyciu nitów o łagodnem przejściu od szyjki do płaskich powierzchni łbów.

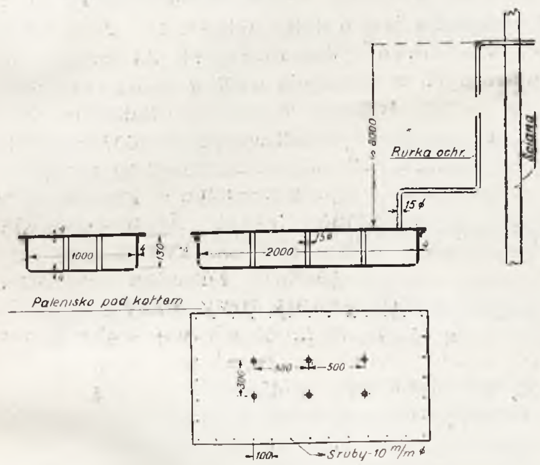
[1]) Że ma to miejsce poniżej granicy plastyczności widzimy z równości: $\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \sigma_2 - \sigma_2 \sigma_3 - \sigma_3 \sigma_1 = k^2$. Uwzględniając iż $\sigma_2 = \sigma_3 = \sigma$ otrzymujemy $\sigma_1^2 + 2 \sigma^1 - 2 \sigma_1 \sigma - \sigma^2 = k^2$ lub $\sigma_1^2 + \sigma^2 - 2\sigma_1 \sigma = k^2$ i wreszcie $(\sigma_1 - \sigma_2)^2 = k^2$ lub ostatecznie $\sigma_1 - \sigma =, k$; $\sigma_1 = k + \sigma$. Ponieważ σ jest dodatnie (naprężenie rozciągające) to $k + \sigma > k$.

Inż. P. CZARNECKI.

WYBUCH APARATU SUSZARNIANEGO W BYDGOSZCZY.

Dnia 28 września 1932 roku, w porannych godzinach, nastąpiła eksplozja suszarnianego aparatu parowego w jednym z większych zakładów stolarskich w Bydgoszczy, przyczem, wskutek wybuchu popękały szyby w kilkunastu oknach zakładu, została naruszona konstrukcja budynku nad aparatem i dwóch ludzi uległo dotkliwym poparzeniom.

Przyczyny wybuchu i okoliczności wypadku przedstawiają się jak następuje. Aparat suszarniany stanowił prostokątną skrzynię, zbudowaną z blachy żelaznej grub. 4 *mm* i o wy-



Rys. 1

miarach; długość 2000 *mm*, szerokość 1000 *mm*, i wysokość 130 *mm*. Górna płyta skrzyni była przvtwierdzona do kadłuba śrubami o śred nicy 10 *mm*, umieszczonemi jedna od drugiej w odstępie 100 *mm* Oprócz tego dno skrzyni było związane z górną płytą sześcioma kotłowemi śrubami o średnicy 15 *mm* (p. rys. 1).

Przy pracy aparatu woda wstępowała do niego z sieci wodociągowej, a ciśnienie osiągano drogą nagrzewania go przez dolne palenisko, umieszczone pod aparatem, przyczem pary nazewnątrz nie odbierano. Powierzchnia ogrzewalna wynosiła około dwóch m^2, przy pojemności około 260 *l*. Z osprzętu aparat posiadał jedynie szkło wodoskazowe, ani zaworu bezpieczeństwa, ani manometru nie było. Jako urządzenie ochronne, mające zabezpieczyć aparat od nadmiernego wzrostu ciśnienia, służyła rurka, łącząca wnętrze aparatu z atmosferą o średnicy w świetle ok. 15 *mm* i o pionowej długości ok. 6,0 *m*. Zamknięcia wodnego, zazwyczaj stosowanego rurka ta nie posiadała.

Siłą eksplozji górna płyta aparatu została oderwana od kadłuba, a wszystkie śruby na obwodzie i kotwowe zostały zerwane, przyczem jako przyczynę wybuchu należy uznać nadmierny wzrost ciśnienia pary, któremu to ciśnieniu nie mogła się oprzeć prymitywna konstrukcja słabej skrzyni. Wzrost ciśnienia nastąpił niezauważony przez obsługę, która, przy braku manometru, wogóle nie orjentowała się jakie ciśnienie panuje w aparacie. Istniejąca rura ochronna nie spełniła swego zadania z powodu zbyt małej średnicy tej rurki i domniemanego zatkania się tejże. W danym wypadku należało użyć ochronnej rurki o średnicy 40 *mm* w świetle, z zamknięciem wodnem i o długości nie większej od 5,0 *mtr* w pionowym kierunku.

KOMUNIKAT STOWARZYSZENIA DOZORU KOTŁÓW

Oddział Dozoru Dźwigów.

Przepisy o dźwigach w m. st. Warszawie z dn. 10 III 24 r. nie zawierają zupełnie postanowień o projektowaniu dźwigów ciernych. Wobec coraz częstszego instalowania dźwigów tego typu, wyłoniła się potrzeba zapełnienia tej luki.

Oddział Dozoru Dźwigów Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Warszawie, w porozunieniu z Inspekcją Elektryczną Magistratu m. st. Warszawy, opracował takie przepisy na podstawie projektu ogólno-państwowych przepisów dźwigowych.

Poniżej podajemy tekst okólnika z dnia 15 IX 1932 r., Nr. 1543 VII I. E. o dźwigach ciernych rozesłanego przez Inspekcję Elektryczną do wszystkich firm dźwigowych.

Dźwigi cierne są obecnie stosowane w coraz szerszym zakresie, tymczasem „Przepisy o dźwigach m. st. Warszawy", wydane w r. 1924, nie uwzględniają odrębnych właściwości dźwigów tego typu. Wobec tego Insp. Elektryczna podaje do wiadomości firm, ustawiających dźwigi, że będzie sprawdzała składane do zatwierdzenia projekty dźwigów ciernych, kierując się następującemi wytycznemi, opartemi na projekcie nowych przepisów ministerjalnych:

1) Wciągarka dźwigu ciernego winna być bezpośrednio napędzana zapomocą silnika elektrycznego.

2) W obu położeniach krańcowych kabiny — górnem i dolnem — dźwig cierny powinien mieć po dwa wyłączniki krańcowe, niezależne jeden od drugiego; jeden z tych dwu wyłączników ma działać niezależnie od steru i wyłączać napęd w celu zatrzymania kabiny.

3) Sprzężenie cierne lin z tarczą pędną sprawdza się rachunkowo dla dwukrotnej największej wartości dopuszczalnego obciążenia, mianowicie sprzężenie to musi być dostateczne, ażeby przy zjeździe i normalnem hamowaniu nie występował poślizg lin.

4) Do dźwigów ciernych, których kabina zawieszona jest na dwóch linach, § 8 p. II „Przepisów o dźwigach w m. st. Warszawie" stosuje się w całej rozciągłości (wyrównanie obciążenia lin i zależność chwytaczy od lin).



Rys. 1 i 2

Jeżeli zaś kabina i przeciwwaga zawieszone są w sposób sprężysty na trzech linach, lub na większej liczbie lin, i jeżeli przytem dźwig zaopatrzony jest w przyrząd, zatrzymujący maszynę pędną w razie wydłużenia lub obluzowania jednej z lin specjalne wyrównanie naprężeń w linach (np. zapomocą wahadeł) nie jest konieczne. Chwytacze (kliny) mogą być wówczas zależne tylko od regulatora a nie od lin, t. zn. nie jest wymagane, ażeby wydłużenie, obluzowanie lub zerwanie jednego z cięgien wprawiało w ruch aparat klinów (chwytaczy).

5) Ze względu na ścieranie się tarcz ciernych oraz lin sprawdza się, czy przy obranej średnicy lin nacisk jednostkowy między liną a rowkiem tarczy ciernej nie jest zbyt duży.

Zanim zostaną ogłoszone, jako obowiązujące, ostateczne wyniki badań, prowadzonych w tym kierunku, przyjmuje się, jako granicę największego dopuszczalnego nacisku jednostkowego „p" w kg/cm^2 między liną a rowkiem:

a) przy rowkach stożkowych (ze względu na zużycie liny i tarczy pędnej) $p = 19\ kg/cm^2$.

b) przy rowkach podciętych (ze względu na niebezpieczeństwo zakleszczenia liny w podcięciu rowka) $p = 90\ kg/cm^2$.

Nacisk ten oblicza się w sposób następujący:

a) dla rowków stożkowych według wzoru (rys. 1):

$$p = \frac{F + Q + S}{n.\ d.\ D} \cdot \frac{1}{\sin \gamma/2} \leqq 19\ kg/cm^2$$

jeżeli wciągarka ustawiona jest u góry szybu;

$$p = \frac{F + Q}{n.\ d.\ D} \cdot \frac{1}{\sin \gamma/2} \leqq 19\ kg/cm^2$$

jeżeli wciągarka jest u dołu szybu;

b) dla rowków, dostosowanych do kształtu lin i zaopatrzonych w podcięcia według wzoru (rys. 2):

$$p = \frac{F + 2Q' + S}{n.\ d.\ D} \cdot \frac{8 \cos \frac{\alpha}{2}}{\pi - \alpha - \sin \alpha} \leqq 90\ kg/cm^2$$

przy górnem ustawianiu wciągarki;

$$p = \frac{F + 2Q'}{n.\ d.\ D} \cdot \frac{8 \cos \frac{\alpha}{2}}{\pi - \alpha - \sin \alpha} \leqq 90\ kg/cm^2$$

przy dolnem ustawieniu wciągarki;

przyczem $Q' = Q$ jeżeli $Q > 0{,}5F$

$Q' = 0{,}5\,F$ jeżeli $Q < 0{,}5\,F$

W powyższych wzorach oznacza:

F — wagę kabiny w kg,

Q — ciężar użyteczny w kg,

S — wagę liny w kg/długość odpowiadająca wysokości podnoszenia

n — liczbę lin,

d — średnicę liny w cm,

D — średnicę tarczy w cm.